

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности  
Направление подготовки 12.03.01 Приборостроение  
Отделение контроля и диагностики

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>Изготовление и исследование образцов из неметаллического материала для визуального контроля</b>

УДК 620.111.1:620.19:620.186.14

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Б4А	Кладов Дмитрий Юрьевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Лобанова И. С.			

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Спицын В. В.	К.ЭКОН.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Анищенко Ю. В.	К.Т.Н.		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Мойзес Б. Б.	К.Т.Н.		

Томск – 2018 г.

## Запланированные результаты обучения по программе

Код	Результат обучения	Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР
<b>Р1</b>	Работать индивидуально и в коллективе по междисциплинарной тематике, внедрять в практическую деятельность инновационные подходы для достижения конкретных результатов, обеспечивать корпоративные интересы и соблюдать корпоративную этику	<p>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-3; ОПК-4, 8)  CDIO Syllabus (2.3, 3.1, 3.2, 4.7, 4.8)  Критерий 5 АИОР (п. 1.6, 2.3, 2.4), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI</p> <p><u>Требования профессиональных стандартов</u>  19.016. Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов №1161н  40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н  40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н  19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н  19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н  06.005 Инженер-радиоэлектроник №315н  40.158. Специалист по проектированию систем в корпусе №181н</p>
<b>Р2</b>	Применять основные законы и положения естественных наук и математики, экономических и гуманитарных наук знаний с учетом социальных и культурных аспектов инженерной деятельности при соблюдении требований охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности и для ведения полноценной	<p>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-7, 8; ОПК-1, 3, 10)  CDIO Syllabus (1.1., 2.5)  Критерий 5 АИОР (п. 1.1, 1.3, 2.5, 4.1), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI</p> <p><u>Требования профессиональных стандартов</u>  19.016. Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов №1161н  40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н  40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н  19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н  19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н  06.005 Инженер-радиоэлектроник №315н  40.158. Специалист по проектированию систем в корпусе №181н</p>

Код	Результат обучения	Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР
	профессиональной деятельности	
<b>Р3</b>	Осуществлять коммуникацию в профессиональной среде, в обществе, в т.ч. межкультурном уровне и на иностранном языке	<p>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-4, 5, ОПК-8, ПК-17)</p> <p>CDIO Syllabus (3.2)</p> <p>Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI</p> <p>Требования профессиональных стандартов</p> <p>19.016. Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов №1161н</p> <p>40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н</p> <p>40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н</p> <p>19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н</p> <p>19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н</p> <p>06.005 Инженер-радиоэлектроник №315н</p> <p>40.158. Специалист по проектированию систем в корпусе №181н</p>
<b>Р4</b>	Самообучаться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности	<p>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-6)</p> <p>CDIO Syllabus (2.4)</p> <p>Критерий 5 АИОР (п. 2.6), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI</p> <p><u>Требования профессиональных стандартов</u></p> <p>19.016. Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов №1161н</p> <p>40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н</p> <p>40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н</p> <p>19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н</p> <p>19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н</p> <p>06.005 Инженер-радиоэлектроник №315н</p> <p>40.158. Специалист по проектированию систем в корпусе №181н</p>

Код	Результат обучения	Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР
<b>Р5</b>	Собирать, хранить и обрабатывать информацию, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инженерной деятельности при соблюдении основных требований информационной безопасности	<p>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, ОПК-2, 5-9) Критерий 5 АИОР (п. 2.6), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI</p> <p><u>Требования профессиональных стандартов</u> 19.016. Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов №1161н 40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н 40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н 19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н 19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н 06.005 Инженер-радиоэлектроник №315н 40.158. Специалист по проектированию систем в корпусе №181н</p>
<b>Р6</b>	Планировать и проводить теоретические и экспериментальные исследования, анализировать и обрабатывать их результаты с использованием инновационных методов моделирования и компьютерных сетевых технологий	<p>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, ОПК-5, 6, ПК-1-4). CDIO Syllabus (2.1, 2.2, 2.3, 2.4) Критерий 5 АИОР (п. 1.2, 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI</p> <p><u>Требования профессиональных стандартов</u> 19.016. Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов №1161н 40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н 40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н 19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н 19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н 06.005 Инженер-радиоэлектроник №315н 40.158. Специалист по проектированию систем в корпусе №181н</p>
<b>Р7</b>	Проектировать, конструировать системы, приборы,	<p>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-2, ПК-1-6, 8) CDIO Syllabus (1.2., 1.3, 2.4, 4.1, 4.4) Критерий 5 АИОР (п. 1.2), согласованный с</p>

Код	Результат обучения	Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР
	детали и узлы с учетом обеспечения технологичности конструкции с учетом возможных рисков	<p>требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI</p> <p><u>Требования профессиональных стандартов</u></p> <p>19.016. Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов №1161н</p> <p>40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н</p> <p>40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н</p> <p>19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н</p> <p>19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н</p> <p>06.005 Инженер-радиоэлектроник №315н</p> <p>40.158. Специалист по проектированию систем в корпусе №181н</p>
Р8	Проводить мероприятия комплексной подготовки производства в сфере профессиональной деятельности с использованием ресурсоэффективных технологий	<p>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-4, ПК-8-18) CDIO Syllabus (2.4, 4.2, 4.3, 4.5)</p> <p>Критерий 5 АИОР (п. 1.4, 1.5, 1.6), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI</p> <p><u>Требования профессиональных стандартов</u></p> <p>19.016. Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов №1161н</p> <p>40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н</p> <p>40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н</p> <p>19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н</p> <p>19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н</p> <p>06.005 Инженер-радиоэлектроник №315н</p> <p>40.158. Специалист по проектированию систем в корпусе №181н</p>
Р9	Обеспечивать эксплуатацию и обслуживание информационно-измерительных средств, приборов	<p>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-2, ПК-7, 19-23) CDIO Syllabus (4.6.)</p> <p>Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI</p> <p><u>Требования профессиональных стандартов</u></p>

Код	Результат обучения	Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР
	контроля качества и диагностики	19.016. Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов №1161н 40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н 40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н 19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н 19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н 06.005 Инженер-радиоэлектроник №315н 40.158. Специалист по проектированию систем в корпусе №181н

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности  
Направление подготовки 12.03.01 Приборостроение  
Отделение контроля и диагностики

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель ООП  
\_\_\_\_\_ Мойзес Б.Б.  
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы
---------------------

Студенту:

Группа	ФИО
1Б4А	Кладов Дмитрий Юрьевич

Тема работы:

Изготовление и исследование образцов из неметаллического материала для визуального контроля	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	9733/с от 11.12.2017

Срок сдачи студентом выполненной работы:	13.06.2018
--	------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b> (наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</p>	<p>Объект исследования: изготовление и исследование образцов из неметаллического материала. Предмет исследования: образцы из неметаллического материала для визуального контроля. Средство контроля: набор ВИК Вредных влияний на окружающую среду нет. Экономический анализ исследования проведен.</p>
<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b> (аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Анализ литературных источников с целью определения способов изготовления образцов из неметаллических материалов для отработки технологии визуального контроля;</li> <li>- Изготовление образцов из неметаллического материала с составлением паспорта;</li> <li>- Апробация работы</li> </ul>
<p><b>Перечень графического материала</b> (с точным указанием обязательных чертежей)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Презентация в Microsoft Office PowerPoint 2010</li> </ul>
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> (с указанием разделов)</p>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>

Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Спицын Владислав Владимирович
Социальная ответственность	Анищенко Юлия Владимировна

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	10.01.2018
---	------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст.преподаватель	Лобанова Ирина Сергеевна			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Б4А	Кладов Дмитрий Юрьевич		



## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 66 с., 4 рис., 15 табл., 17 источников.

Ключевые слова: Визуальный и измерительный контроль, образец, аттестация, неметаллический материал, композиционный материал, полиэтиленовая труба.

Объектом исследования являются образцы для визуального и измерительного контроля из неметаллического материала.

Цель работы - разработать образец для проведения визуального контроля из неметаллического материала.

В процессе исследования проведена оценка условий эксплуатации и производства объектов, определены типы дефектов, возникающих в ходе жизненного цикла объекта, проведен анализ образцов, представленных на рынке в настоящее время, предложен свой вариант изготовления образцов из неметаллического материала для визуального и измерительного контроля.

В результате исследования были разработаны образцы из неметаллического материала для визуального и измерительного контроля.

В будущем планируется внедрить результаты бакалаврской работы в процесс обучения специалистов по неразрушающим методам контроля.

## Оглавление

1. Обзор возможных методов контроля и дефектов .....	12
1.1 Неметаллические материалы и их использование.....	12
1.2 Методы неразрушающего контроля неметаллических материалов.....	15
1.3. Типы дефектов .....	18
2. Образцы для аттестации персонала из неметаллического материала для отработки методики визуального контроля оборудования неметаллических материалов.....	23
2.1 Аттестация специалистов .....	23
2.2 Существующие образцы для аттестации по ВИК .....	25
3. Создание аттестационных образцов из неметалла для визуального контроля .....	27
3.1. Создание пластины из углепластика .....	27
3.2 Создание образцов с сварным швом полиэтиленовой трубы .....	27
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение..	31
5. Социальная ответственность .....	46
Заключение.....	59
Список публикаций студента .....	60
Список использованной литературы.....	61
ПРИЛОЖЕНИЕ А .....	63
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	64
ПРИЛОЖЕНИЕ В.....	65
ПРИЛОЖЕНИЕ Г.....	66

## Введение.

В наш век высоких технологий большое значение играют неметаллические материалы, такие как: полимерные материалы, различные виды пластмасс, композиционные материалы, стекло неорганическое, керамика. Такие материалы обладают хорошими прочностными характеристиками и малым весом по сравнению с металлами, Неметаллические материалы нашли применение в разных сферах деятельности: авиация, судостроение, химическая промышленность и других. Из неметаллов изготавливают важные и ответственные объекты, в связи с чем необходимо применение неразрушающего контроля, в том числе, визуального.

Применение неразрушающего контроля необходимо во всех этапах изготовления и во время эксплуатации объектов. Своевременное проведение неразрушающего контроля позволяет обеспечить безопасность эксплуатации, надежность, и качественное функционирование различных технических объектов. Проводить контроль неметаллических материалов можно следующими методами неразрушающего контроля: оптический метод контроля; акустический метод контроля; контроль проникающими веществами; радиационный метод контроля; радиоволновой метод контроля; тепловой метод контроля.

Визуальный контроль применяется на всех этапах жизненного цикла оборудования, начиная с этапа входного контроля материала и изготовления деталей и сборочных единиц, заканчивая оценкой состояния материала и сварных соединений в процессе эксплуатации технических устройств и сооружений, в т.ч. по истечении установленного срока их эксплуатации. Данный метод является базов и предшествует всем остальным методам контроля. Целью этого контроля являются видимые дефекты. Визуальный и измерительный контроль проводится с применением простейших измерительных средств; невооруженным глазом или с помощью визуально-оптических приборов, таких как: эндоскопы, лупы.

## **1. Обзор возможных методов контроля и дефектов**

### **1.1 Неметаллические материалы и их использование.**

Неметаллические материалы применяются в самых разных сферах человеческой деятельности, в быту, а также в производстве и ответственных сферах деятельности, таких как авиация, судостроении и других, а, следовательно, нуждаются в контроле. В промышленности все чаще применяются полимерные материалы. Этот термин объединяет обширные группы синтетических пластиков: пластмассы, полимеры и композиционные материалы. Общей, обязательной частью всех перечисленных групп является полимерная составляющая, определяющая основные технологические свойства материала.

Существуют материалы, на основе полимеров, далее пластмассы, которые могут содержать пигменты, дисперсные или коротковолокнистые наполнители и иные сыпучие компоненты. Физически, пластмассы представляют собой материалы с физическими свойствами одинаковыми во всех направлениях.

Пластмассы можно разделить на две группы: термореактивные и термопластические. Термореактивные пластмассы - материалы, которые сформированы под воздействием температуры и давления, и уже не могут принять другую форму. Термопластические пластмассы – это те, которые после формирования могут быть сформированы вновь после расплавления. Большая часть пластмасс, используемых в быту и промышленности относится к термопластическим пластмассам, к этой группе относятся: полистирол, поливинилхлорид, полиэтилен и полипропилен и другие. Наиболее распространенными полимерами с углеводородным строением являются полиэтилен и полипропилен. Полиэтилен получают полимеризацией этилена. Полипропилен получают стереоспецифической полимеризацией пропилена (пропена).

Полимерные композиционные материалы также являются разновидностью пластмасс. Их отличие в том, что в них используются не дисперсные, как например, в полиэтилене, а армирующие, то есть усиливающие наполнители, такие как: волокна, ткани, ленты. Такое строение позволяет получить материал с весьма высокими акустическими; деформационно-прочностными, усталостными, электрофизическими, и иными целевыми характеристиками, соответствующими высоким нынешним требованиям. В зависимости от природы армирующих волокон различают следующие композиционные материалы на полимерной основе: углепластики, стеклопластики, боропластики и другие.

Композиционные материалы – это многокомпонентные материалы, состоящие из металлической, углеродной, полимерной, керамической или др. основы (матрицы), которая армирована наполнителями из волокон, нитевидных кристаллов, тонкодисперсных частиц и др. По природе матричного материала различают углеродные, полимерные, керамические, металлические и др. композиты. [10] В зависимости от состава и свойств наполнителя и матрицы (связующего) и их соотношения, ориентации наполнителя, появляется возможность получить материалы с требуемым сочетанием свойств, таких как прочность, жесткость, уровень рабочих температур. Композиционные материалы широко применяются в авиации, ракетно-, автомобиле-, машиностроении, металлургии, в химической и нефтехимической промышленности, медицине, ядерной энергетике, для изготовления спортивного снаряжения.

В конструкции самолёта *Airbus A320* — обширное применение композитных материалов (около 20 %). В основном используется пластик, армированный углеродным волокном; пластик, армированный стекловолокном, сотовый наполнитель. Большая часть конструкции крыла выполнена из композитных материалов (панели спойлеров, закрылки, лючки, носовой обтекатель, предкрылки), а вертикальное оперение полностью изготовлено из композита.

К примеру, 46,8% деталей омываемой аэродинамической поверхности планера пассажирского самолета МС-21 выполнено из современных полимерных композиционных материалов, что позволяет реализовывать уникальные характеристики. В частности, крылья и панели кия. Если рассматривать керамику, то на сегодняшний день для создания обтекателей ракет, работающих на скоростях более 5 М, применяется кварцевая керамика. Применение керамических материалов в газотурбинных двигателях (ГТД) связано с заменой элементов, изготавливаемых в настоящее время из высокотемпературных металлических сплавов: элементы камеры сгорания, надроторные вставки, рабочие и сопловые лопатки. Такая модернизация позволяет улучшить термодинамический цикл двигателя, повысить его эффективность, надежность, ресурс и снизить массу двигателя.

Согласно федеральному закону от 21.07.1997 N 116-ФЗ (ред. от 07.03.2017) "О промышленной безопасности опасных производственных объектов" (с изм. и доп., вступ. в силу с 25.03.2017) к категории опасных производственных объектов относятся объекты, являющиеся трубопроводами, в том числе и полиэтиленовыми. Полиэтиленовые трубы используются для современного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Также возможно использование с целью передачи и иных жидких веществ и газов. Если не нарушать правильных условий содержания и эксплуатации, время службы труб будет не меньше 75 лет. Сегодня выпускаются изделия в форме прямых изделий или в мотках. Говоря о газовых трубопроводах, то полиэтиленовые трубы используются для подземных газопроводов, транспортирующих газы, предназначенные в качестве сырья и топлива для коммунально-бытового и промышленного использования.

Преимущества, определяемые свойствами полиэтиленовых труб для газопроводов:

- Срок эксплуатации полиэтиленовых труб для газа значительно дольше стальных (гарантийный срок 50 лет);
- Полиэтиленовые трубы не подвержены коррозии;

- полиэтиленовые трубы не представляют опасности контакты с водой и являются устойчивыми к большинству агрессивных сред;
- полиэтиленовые газовые трубы удобнее в транспортировке и монтаже, т.к. легче стальных;
- стыковая сварка полиэтиленовых труб значительно дешевле, надежнее и проще, занимает меньше времени и не требует расходных материалов (изоляции, электродов).

## **1.2 Методы неразрушающего контроля неметаллических материалов**

Дефекты неметаллических материалов можно обнаружить такими методами неразрушающего контроля как радиационный, оптический, проникающими веществами, радиоволновый, акустический, тепловой.

Согласно ГОСТ Р 57216-2016 [1], радиационный метод контроля позволяет получать информацию о радиационной обстановке в окружающей среде; в зданиях и сооружениях, также, включает в себя информацию о уровнях облучения людей.

Данный метод контроля основан на способности проникновения рентгеновских лучей через любой материал. С его помощью можно обнаружить дефекты внутренней структуры, например, газовые поры, трещины, раковины, складки в системе армирования, недопрессовки и расслоения, неоднородности в связующем и т.д. Изображение контролируемого объекта получают либо на чувствительный слой рентгеновской пленки, либо, в случае цифровой радиографии, на детектор. Поглощение лучей будет меньше в области, где имеются дефекты.

Основой акустического контроля, согласно ГОСТ 23820-85 [2], является применение упругих колебаний, возбуждаемых или возникающих в объекте контроля. Принцип действия основан на прохождении ультразвуковой волны через объект контроля, поглощается и отражается в

зависимости от плотности объекта контроля и скорости распространения звуковых волн. Плотные среды отражают волны в полном объеме, а пустоты или несплошности поглощают волны частично или полностью. После отражения волны принимаются датчиком и обрабатываются для последующей презентации в дефектоскопе. Метод применяется во многих областях промышленной деятельности и контроле опасных производственных объектов. Применение данного метода подходит для анализа объектов железнодорожного транспорта, горнорудной промышленности, металлургии, в нефтегазовой отрасли, а также при оценке качества котлов и оборудования химически опасных производств. Ультразвуковой метод является одним из успешных способов выявления дефектов внутренней структуры материала. Позволяет определить такие дефекты композиционных материалов, как расслоения между монослоями структуры и непрочности. Минимальные размеры площади определяемых дефектов внутренней структуры таких как «непрочности» составляют около 0,8 - 1,0 см<sup>2</sup>. Ультразвуковой контроль применим в таких областях промышленности как авиа- и судостроение. Например, его используют для контроля шасси, лопастей и различных элементов корпуса самолетов. Также ультразвуковой контроль хорошо зарекомендовал себя при определении толщины труб и различных производственных объектов.

Регистрация и преобразование инфракрасного излучения в видимый спектр является основой теплового метода, как описано в ГОСТ 23483–79 [3]. Метод применяется в тех отраслях промышленности, где по неоднородности теплового поля имеется возможность получить заключение о техническом состоянии контролируемого объекта. Температурное поле объекта несет информацию об особенностях процесса теплопередачи, которое зависит от наличия внутренних или внешних дефектов. В некоторых случаях, для проведения теплового контроля необходим нагрев объекта с использованием внешних источников для создания тепловых потоков. Метод помогает определить расслоения и непрочности, наличие воды или масла в сотах,



пористость, наличие коррозии под краской и между слоями композита; ударные повреждения и т.д.

Основой капиллярного метода является проникновение индикаторных жидкостей в полости поверхностных и сквозных несплошностей материала объекта контроля, с последующей регистрацией индикаторных рисунков, как описано в ГОСТ 18442-80 [4]. Метод позволяет определить локализацию, протяженность и ориентацию дефектов по поверхности. Капиллярный контроль позволяет проводить поиск дефектов в изделиях из любых непористых материалов, в том числе из черных и цветных металлов и сплавов, пластмасс, стекла, керамики. Объекты контроля могут быть любых размеров и форм. Необходимое условие выявления дефектов является наличие свободных от загрязнений полостей, имеющих выход на поверхность объектов.

Оптический метод неразрушающего контроля основан на анализе взаимодействия оптического излучения с контролируемым объектом, как представлено в ГОСТ Р 53696-2009 [5]. Метод обеспечивает бесконтактность, локальность, высокую скорость получения информации об объекте контроля. Достоинством метода является получение измерительной информации наиболее удобным для контролера образом – визуально или с помощью оптических приборов. Оптический метод удобен и эффективен для обнаружения поверхностных дефектов, например, расслоений, трещин, задиров, пор, локальных вмятин, инородных включений, изменения структуры материалов и их физически-химических свойств, отклонения от заданной геометрической формы и размеров.

С визуального осмотра начинается любая оценка качества опасных производственных объектов. Визуальному контролю подвергается поступающий материал в виде труб, отводов, муфт, которые по всем параметры должны удовлетворять требованиям стандарта. Данный контроль проводится для принятия решения о возможности их технической

эксплуатации в сварной конструкции либо о необходимости проведении неразрушающего контроля другими методами.

Визуальный контроль швов может осуществляется путем сравнения сварных швов с контрольными образцами, а также путем измерения наружного грата швов во симметрично противоположных зонах периметра шва, при необходимости – по всей длине шва. Измерительные инструменты, которые могут использоваться для контроля: измерительная лупа, шаблоны, штангенциркуль, которые должны быть поверены и их точность должна быть не менее 1 %.

У каждого метода есть собственная область применения, а также плюсы и минусы. Разрешающая способность оптического метода позволяет определить дефекты с раскрытием не менее 0,1 мм. Радиографический метод позволяет обнаружить как поверхностные, так и внутренние дефекты с минимальным раскрытием 200 мкм. С помощью акустического метода можно определить дефекты внутренней структуры. Тепловой контроль позволяет обнаружить поверхностные, а также скрытые внутренние дефекты. С помощью капиллярного контроля можно обнаруживать дефекты, выходящие на поверхность, с раскрытием менее 1 мкм.

### **1.3. Типы дефектов.**

Дефекты неметаллических материалов можно разделить на 2 категории: дефекты изготовления; эксплуатационные дефекты.

Дефекты изготовления образуются в результате неплотной набивки формы при прессовке и литье, при выделении газов в результате химической реакции. Под действием внешних и внутренних напряжений при термическом воздействии в пластмассе и композитах возникают трещины, а в керамике - при неправильном режиме обжига. Возможный тип дефекта - нарушение химического состава, ослабление механических свойств в результате нарушений технологии изготовления.

Еще одним типом дефектов, возникающих в слоистых пластиках и композитах считается расслоение. Оно возникает в результате перерывов в литье или при сборке пакетов из разнородных материалов, загрязнений соединяемых поверхностей. зоны пониженного или повышенного содержания связующего также являются дефектами.

Эксплуатационные дефекты могут быть, как последствиями нарушения технологий изготовления, так и дефектами, полученными при эксплуатации и хранении. К ним относятся

- растрескивание из-за внутренних напряжений,
- механические повреждения,
- коррозия, эрозионно-коррозионные повреждения, межкристаллитная коррозия и другие,
- трещины усталостные, термические, ползучести.

Также, условно дефекты можно разделить на следующие группы:

- по размерам: на макро- и микродефекты. К макродефектам относят расслоения, непроклеи, трещины, крупные воздушные или газовые раковины, инородные включения, прочность в зоне которых равна или близка к нулю. К дефектам микроструктуры - поры, отклонения от оптимального соотношения матрицы и армирующего наполнителя, низкая степень отверждения связующего при формовании, нарушения ориентации волокон, складки, свили, поверхностные подмятия и царапины и т.п.

- по местоположению в детали могут быть поверхностными, изолированными или выходящими на кромку детали;

- глубине залегания, раскрытию, размерам в плане данных структурных неоднородностей (макродефекты – размером свыше 60–100 мкм, которые обычно локализованы в объеме материала конструкции, и микродефекты – размером до 60–100 мкм, как правило, распределенные в объеме материала или в значительной его части).

Таблица 1. Классификация дефектов композиционных материалов.

Метод формирования	Характеристика изделий	Дефекты
Контактное формирование	Крупногабаритные изделий сложной формы, оболочки, листы больших размеров	Пористость, расслоения, разнотолщинность, неравномерное распределение связующего, участки неполного отверждения, увеличение разброса физико-механических характеристик, складки, разориентация волокон, участки с низким содержанием связующего, коробление изделия, риски на поверхности
Формирование эластичной диафрагмой	Крупно и среднегабаритные изделия сложной формы	Неравномерное распределение связующего, разориентация волокон, расслоения, складки, участки неполного отверждения связующего, локальная пористость
Авто- и гидроклавное формирование	Крупные и среднегабаритные изделий простой и сложной формы	Расслоения, пористость, складки, разориентация армирующего материала
Вакуумное формование	Среднегабаритные изделия сложной и простой формы	Пористость, складки армирующих слоев, неравномерное распределение связующего, разориентация слоев
Метод сухой и мокрой намотки	Крупные и среднегабаритные изделия типа тел вращения, длиномерные конструкции в виде замкнутого профиля прямоугольной или другой формы	Расслоения, пористость, неравномерное распределение связующего, утолщения в зоне нахлестов витков участки в зазорах между соседними витками, инородные включения, обрывы волокон, искривление волокон

В табл. 1 представлены дефекты композитных материалов. Очевидно, что не все из представленных в таблице дефектов можно выявить с помощью визуального контроля. К дефектам, которые можно определить визуально относятся поверхностные дефекты, такие как: складки, трещины, неравномерное распределение связующего, флокены, расслоения, плены, царапины и другие.

Возможные дефекты сварных соединений полиэтиленовых труб, выявляемые визуальным методом контроля. Согласно СП 42-103-2003 [6]

Своду правил о проектировании и строительстве газопроводов из полиэтиленовых труб, внешнему осмотру должны подвергаться соединения, выполненные любым способом сварки. Не допускаются такие несоответствия требованиям нормативного документа как: несимметричные валики; неравномерно распределенные по окружности сваренных труб; различия цвета валиков и цвета трубы; наличие пор, трещин, инородных включений.

Соотношение ширины с внешней стороны трубы валиков грата к ширине всего грата должно быть в диапазоне 0,3 – 0,7 по всей длине шва. Смещение кромок свариваемых деталей может быть не более 10% от толщины стенки трубы.

Существуют критерии оценки внешнего вида сварных стыков соединений, по которым определяется является ли браком тот или иной сварной шов.

1. Хороший шов с гладкими и симметричными валиками грата округлой формы. Критерий оценки: Внешний вид шва и размеры наружного грата соответствуют требованиям свода правил о проектировании и строительстве газопроводов из полиэтиленовых труб. В этом случае имеется Соблюдение всех технологических параметров сварки.

2. Шов различной высоты несимметричных валиков грата в разных плоскостях. Брак. Критерий оценки: разница по высоте в противоположных точках шва более 50%. Возможные причины: превышение максимально допустимого зазора между торцами деталей перед сваркой.

3. Малый грат, имеющий округлую форму. Критерий оценки: несоответствие в меньшую сторону размеров высоты и ширины наружного грата нормативному документу. Возможные причины: малое время прогрева или недостаточное давление при осадке шва.

4. Большой грат округлой формы. Критерий оценки: несоответствие в большую сторону размеров высоты и ширины наружного грата

нормативному документу. Возможные причины: превышение время прогрева трубы или завышенная температура нагрева.

5. Несимметричные размеры валиков грата по всей окружности шва. Критерий оценки: различие размеров ширины и высоты валиков грата по всей длине шва превышает 40%. Возможные причины: разный материал свариваемых деталей или разная толщина стенок труб.

6. Узкий и высокий грат, не касающийся краями трубы. Критерий оценки: высота валиков больше толщины. Возможные причины: превышенное давление осадки при пониженной температуре нагрева.

7. Малые валики грата с впадиной между ними. Критерий оценки: глубокая точка впадины располагается в области стенок трубы. Возможные причины: недостаточное время выдержки прогрева и сопутствующая низкая температура нагрева.

8. Неравномерность валиков со смещением кромок. Критерий оценки: различие валиков по размерам в одной плоскости более 40%. Смещение кромок труб более 10% от толщины стенки. Возможные причины: смещение нагревателя или детали в процессе нагрева.

9. Неоднородное распределение валика по периметру шва. Критерий оценки: высота грата превышает ширину, впадина плохо выражена или отсутствует, в различных плоскостях различие размеров более 50%. Возможные причины: смещение трубы или нагревателя в процессе нагрева.

10. Наличие многочисленных наружных раковин по всему периметру с поперечным растрескиванием. Критерий оценки: многочисленные раковины, расположенные по периметру шва вплотную друг к другу, поперечные трещины. Возможные причины: значительно превышенная температура нагревателя.

## **2. Образцы для аттестации персонала из неметаллического материала для отработки методики визуального контроля оборудования неметаллических материалов**

### **2.1 Аттестация специалистов**

Одним из требований руководящего документа РД 03-606-03 [7] является то что специалисты, выполняющие неразрушающий контроль технических устройств, зданий и сооружений на опасных производственных объектах должны быть аттестованы, в зависимости от их подготовки и производственного опыта по трем уровням профессиональной квалификации - I, II, III.

Аттестацию специалистов проводят с целью подтверждения достаточности теоретической и практической подготовки, опыта, компетентности специалиста, т.е. его профессиональных знаний, навыков, мастерства, и предоставления права на выполнение работ по одному или нескольким видам неразрушающего контроля.

Кандидат, проходящий аттестацию на I и II уровень, сдает квалификационный экзамен, состоящий из 4 частей: общего экзамена по физическим основам и закономерностям конкретного метода НК; специального экзамена по технологии неразрушающего контроля; экзамена по проверке знаний правил безопасности; практического экзамена, подтверждающего производственные навыки кандидата и включающий разработку технологических карт или письменных инструкций для специалистов II уровня с итоговым собеседованием. Все экзамены, кроме практического, сдаются в письменной форме.

Практический экзамен на I и II уровни аттестации персонала должен подтвердить владение кандидатов средствами неразрушающего контроля, умением проведения контроля и регистрации, анализа результатов в соответствии с нормативными документами, а для кандидатов II уровня –

составление заключения по результатам контроля. В заключении практического экзамена проводится итоговое собеседование.

В комплект образцов для приема практического экзамена входят экзаменационные образцы, соответствующие объектам контроля. В каждом образце должно быть несколько характерных дефектов различного вида, возникающих при производстве или в процессе эксплуатации (возможно использование нескольких образцов, чтобы обеспечить наличие характерных дефектов). Допускаются отдельные экзаменационные образцы, не содержащие дефектов. Каждый экзаменационный образец должен иметь паспорт, содержащий сведения об образце и имеющихся в нем дефектах, в виде дефектограммы [9].

Кандидаты проводят контроль не менее трех экзаменационных образцов соответствующего объекта контроля.

Кандидаты, претендующие на I уровень квалификации, проводят контроль экзаменационных образцов, следуя технологической карте контроля, которая может быть подготовлена кандидатом II уровня для практического экзамена. Кандидаты, претендующие на II уровень, разрабатывают технологическую карту контроля и определяют рабочие параметры контроля, связанные с определенным стандартом или нормативным документом, применительно к заявленному объекту контроля. При сдаче практического экзамена на III уровень кандидат получает задание для составления проекта технологической инструкции по контролю конкретных объектов в соответствии с действующими нормативными документами. На практическом экзамене кандидат имеет право использовать необходимую нормативную документацию.

При проведении практического экзамена на I и II уровни квалификации кандидату выдается задание, соответствующее заявленному квалификационному уровню, и комплект бланков установленного образца, в которые он заносит результаты контроля. Задание должно соответствовать объекту контроля и содержать номер и краткую информацию об образце.



Практический экзамен кандидатов на I и II уровни оценивается путем сравнения полученных кандидатом результатов с паспортом экзаменационного образца.

## **2.2 Существующие образцы для аттестации по ВИК**

Аттестационный образец – образец, используемый для практических экзаменов в рамках аттестации персонала. Образцы должны представлять изделия, обычно контролируемые в отдельном производственном сегменте и могут содержать в себе более чем одну область или объем, которые должны быть проконтролированы аттестуемым. Каждый аттестационный образец должен содержать дефект или дефекты, относящиеся к представленному образцу. Расположение дефектов должно быть таким, чтобы у испытуемого была возможность выявить, описать и задокументировать эти дефекты. Минимальный размер дефектов, созданных на аттестационном образце должен быть выше или равен уровню регистрации.

Повсеместно используются аттестационные образцы, в которых дефектные области связаны со сварным соединением, это вызвано тем, что сварное соединение как вид соединения является частой областью контроля, т.к. в процессе сварки вполне возможны образования дефектов. (ну и закрутил)

На каждый образец разработан паспорт, в котором имеются:

- исходные данные на образец (материал, габаритные размеры, методические и нормативные документы);
- технологическая карта контроля;
- дефектограмма с указанием обнаруженных несплошностей;
- заключение о качестве контролируемого участка сварного соединения.

Для обеспечения объективности процедуры практического экзамена в Паспорте имеется заключение о качестве сварного шва, выданное независимым экспертом III уровня, которое является базовым при оценке практического экзамена.

Кроме паспорта в комплект документов на экзаменационный образец входят незаполненные бланки для составления кандидатом технологической карты, дефектограммы, заключения о качестве контролируемого образца.

## ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Студенту:

Группа	ФИО
1Б4А	Кладову Дмитрию Юрьевичу

Школа	ИШНКБ	Отделение	ОКД
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Приборостроение

### Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Оклад руководителя – 25 000 руб. Оклад инженера – 17000 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Дополнительной заработной платы 12%; Районный коэффициент 30%.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды 30 %

### Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	- Анализ конкурентных технических решений
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Формирование плана и графика разработки: - определение структуры работ; - определение трудоемкости работ; - разработка графика Ганта. Формирование бюджета затрат на научное исследование: - материальные затраты; - затраты на специальное оборудование для научных работ - заработная плата (основная и дополнительная); - отчисления на социальные цели.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	- Определение эффективности исследования

### Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценочная карта конкурентных технических решений
2. График Ганта
3. Расчет бюджета затрат НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ШИП	Спицын Владислав Владимирович	к.экон.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Б4А	Кладов Д. Ю.		

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

**1.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.**

Данная выпускная квалификационная работа заключается в разработке аттестационного образца из неметалла для визуального контроля, а рабочей зоной – лабораторная комната № 412, 18 корпус, ИШНКБ, ТПУ, отделение контроля и диагностики.

**1.1.1. Анализ конкурентных технических решений**

Потенциальными потребителями являются аттестационные центры по неразрушающему контролю. Целью работы является исследование существующих образцов для аттестации в области неразрушающего контроля и разработка нового, отвечающего современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Достижение цели обеспечивается решением задач:

- Определением потенциальных потребителей результатов исследования;
- Анализ конкурентных технических решений;
- Планирование научно-исследовательских работ;
- Определение эффективности исследования.

**1.2. Анализ конкурентных технических решений.**

Детальный анализ конкурирующих разработок позволяет вносить корректировку в научное исследование, чтобы противостоять конкурентам. Важно оценить сильные и слабые стороны разработок у конкурентов.

С этой целью может быть использована вся имеющаяся информация о конкурентных разработках:

- технические характеристики разработки;
- конкурентоспособность разработки;

- уровень завершенности научного исследования (наличие макета, прототипа и т.д.);
- бюджет разработки;
- уровень проникновения на рынок;
- финансовое положение конкурентов, тенденции его изменения и т.д.

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

#### Сравнение.

Комплекты учебных образцов для практического экзамена по визуальному и измерительному контролю от ООО Научно-технический центр «Эксперт» предназначены для обучения специалистов и определения чувствительности дефектоскопических материалов и технологии. Наборы состоят из четырех образцов, в каждом из которых имеется один или несколько искусственных дефектов, возникающих в процессе производства и эксплуатации сварных швов и основного металла (трещины, поры, непровары, шлаковые и вольфрамовые включения и т.д.).

Достоинства: искусственно созданные дефекты, которые могут возникнуть в процессе производства и эксплуатации сварных швов и основного металла; высокая достоверность дефектов.

Недостатки: некоторое расхождение возможных объектов контроля с предлагаемыми образцами; большая масса образцов; Невысокая вариативность материалов образцов; подверженность коррозии, ржавению.

В ходе данной выпускной квалификационной работы разработан комплект учебных образцов для аттестации по визуальному и измерительному контролю. Набор состоит из двух образцов, в каждом из которых имеется один или несколько искусственных дефектов, чье создание симитировано от реальных условий эксплуатации или изготовления.

Особенность этих образцов в том, что они изготовлены из неметаллов: полиэтилена и углепластика.

Достоинства: дефекты симитированы от реальных условий эксплуатации; более высокая ответственность и ценность представляемых образцами объектов контроля (например: корпуса самолета из углепластика); меньшая масса образцов; представлены принципиально различные материалы: углепластик, полиэтилен;

Недостатки: сложность изготовления; меньшее количество;

Таблица 1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений(разработок).

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>
1	2	3	4	5	6
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
1. Качество изготовления образцов и дефектов	0,1	4	4	0,4	0,4
2. Количество образцов в наборе	0,1	3	5	0,3	0,5
3. Разнообразие дефектов	0,2	4	5	0,4	0,5
4. Разнообразие моделируемых объектов контроля	0,1	4	5	0,4	0,5
5. Мобильность	0,05	5	4	0,5	0,4
6. Удобство эксплуатации	0,05	5	5	0,5	0,5
7. Четкость идентификации созданных дефектов	0,1	4	4	0,4	0,4
8. Уровень материалоемкости разработки	0,1	5	4	0,5	0,4
Экономические критерии оценки эффективности					
1. Конкурентоспособность продукта	0,1	5	4	0,5	0,4
2. Цена	0,1	4	5	0,5	0,4
Итого	1	43	45	4,3	4,5

Ф – набор учебных образцов для подготовки и аттестации специалистов, разработанный в ходе данной ВКР; К1 – набор учебных образцов для подготовки и аттестации специалистов от ООО НТЦ «Эксперт».

Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения, приведенные в табл. 1, подбираются, исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации.

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i, \quad (1)$$

где  $K$  – конкурентоспособность научной разработки или конкурента,

$B_i$  – вес показателя (в долях единицы),  $B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Из таблицы 1 видно, что исследуемый набор образцов уступает набору от ООО НТЦ «Эксперт». Исследуемый образец отстает по таким показателям, как: количество образцов в наборе, цена. Сильными сторонами исследуемого набора образцов уровень материалоемкости разработки. Цена разработанных в ходе выполнения ВКР образцы не является низкой, но оправдывает себя, ввиду того, что необходимо разнообразие аттестационных и учебных образцов.

### **Планирование научно – исследовательских работ.**

#### **1.3. Структура работ в рамках научного исследования.**

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты, численность групп может варьироваться.

По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

Таблица 2 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей.

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Выбор темы ВКР	1	Постановка задачи	Научный руководитель
Разработка технического задания	2	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель, инженер
	3	Календарное планирование работ по теме	Научный руководитель, инженер
Подбор и изучение материалов по тематике	4	Изучение методов для контроля неметаллических материалов	Инженер
	5	Изучение визуального метода для контроля неметаллических материалов	Инженер
	6	Изучение материалов и дефектов	Инженер
Теоретическое и экспериментальные исследования	7	Планирование проведения экспериментов	Инженер, научный руководитель
	8	Проведение эксперимента	Инженер
	9	Обработка экспериментальных данных, составление паспортов на образцы	Инженер
Обобщение и оценка результатов	10	Анализ полученных результатов, выводы	Инженер
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	11	Оформление расчетно-пояснительной записки	Инженер, научный руководитель
	12	Доклад и презентация	Инженер, научный руководитель

## 2.2 Определение трудоемкости выполнения работ.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости  $t_{ожі}$  используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5} \quad (2)$$

где:

$t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы чел.-дн.



$t_{\min i}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\max i}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_p$ , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ож\ i}}{Ч_i},$$

где:

$T_{pi}$  – продолжительность одной работы, раб. дни;

$t_{ож\ i}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

$Ч_i$  – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работы на данном этапе, чел.

### 2.3 Разработка графика проведения научного исследования.

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}},$$

где:

$T_{ki}$  – продолжительность выполнения i-й работы в календарных днях;

$T_{pi}$  – продолжительность выполнения i-й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 52 - 14} = 1,22$$

где:

$T_{\text{кал}}$  – количество календарных дней в году ( $T_{\text{кал}} = 365$  дн.);

$T_{\text{вых}}$  – количество выходных дней в году ( $T_{\text{вых}} = 52$  дн.);

$T_{\text{пр}}$  – количество праздничных дней в году ( $T_{\text{пр}} = 14$  дн.).

Все рассчитанные значения приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Временные показатели проведения научного исследования.

Номер работы	Трудоёмкость работ						Исполнители		Длительность работ в рабочих днях, T <sub>pi</sub>		Длительность работ в календарных днях, T <sub>ki</sub>	
	t <sub>min</sub> , чел-дни		t <sub>max</sub> , чел-дни		t <sub>ож</sub> i, чел-дни							
	НР	И	НР	И	НР	И	НР	И	НР	И	НР	И
1	1	0	2	0	2	0	1	0	2	0	3	0
2	3	4	7	7	5	4	1	1	3	2	4	2
3	1	1	3	3	2	2	1	1	1	1	1	1
4	0	7	0	12	0	10	0	1	0	10	0	12
5	0	7	0	11	0	9	0	1	0	9	0	11
6	0	7	0	12	0	10	0	1	0	10	0	12
7	2	10	3	20	2	13	1	1	1	7	1	9
8	0	1	0	3	0	2	0	1	0	2	0	2
9	0	2	0	5	0	3	0	1	0	3	0	4
10	0	10	0	12	0	11	0	1	0	11	0	13
11	2	2	3	4	2	3	1	1	2	2	2	2
12	1	2	3	4	2	3	1	1	1	2	2	3
Итого	10	53	21	96	15	70	6	11	10	59	13	71

Таблица 4 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме.

Этап	T <sub>Ki</sub>		Сентябрь			Октябрь			Ноябрь			Декабрь			Январь			Февраль			Март			Апрель		
	НР	И	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	3	0																								
2	4	2																								
3	1	1																								
4	0	12																								
5	0	11																								
6	0	12																								
7	1	9																								
8	0	2																								
9	0	4																								
10	0	13																								
11	2	2																								
12	2	3																								



Совместная работа;



работа инженера;



работа научного руководителя.

## 2.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ).

В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты;
- затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).

### 2.4.1 Расчет материальных затрат.

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта:

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$З_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m Ц_i \cdot N_{расч_i}$$

где:

$m$  – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расч_i}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м<sup>2</sup> и т.д.);

$Ц_i$  – цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг., руб./м., руб./м<sup>2</sup> и т.д.);

$k_T$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Значения цен на материальные ресурсы могут быть установлены по данным, размещенным на соответствующих сайтах в Интернете предприятиями-изготовителями (либо организациями-поставщиками).

Величина коэффициента ( $k_T$ ), отражающего соотношение затрат по доставке материальных ресурсов и цен на их приобретение, зависит от условий договоров поставки, видов материальных ресурсов, территориальной

удаленности поставщиков и т.д. Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25% от стоимости материалов. Результаты расчетов представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы (с учетом транспортных расходов), (З <sub>м</sub> ), руб.
Пластина из углепластика	шт	1	253	281
Полиэтиленовая труба	шт	1	38	41
Итого:				322

#### 2.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ.

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме. Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене.

При приобретении спецоборудования необходимо учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 15% от его цены. Стоимость оборудования, используемого при выполнении конкретного НТИ и имеющегося в данной научно-технической организации, учитывается в калькуляции в виде амортизационных отчислений. Результаты расчетов представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ.

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования (с учетом затрат на доставку и монтаж), тыс. руб.
1.	Микроскоп	1	472000	542800
2.	ПК	1	32000	36800
3.	Набор для ВИК «Базовый»	1	7330	8429,5

Итого:	588029,5
--------	----------

### 2.4.3 Основная заработная плата исполнительской темы.

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада. Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп},$$

где:

$З_{осн}$  – основная заработная плата;

$З_{доп}$  – дополнительная заработная плата (12-20% от основной).

Основная заработная плата ( $З_{осн}$ ) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_p,$$

где:

$З_{осн}$  – основная заработная плата одного работника;

$З_{дн}$  – среднедневная заработная плата работника, руб.;

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб.дн.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{дн} = \frac{З_m}{T_{p,д}},$$

$$З_m = З_б \cdot k_p,$$

где:

$Z_m$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$T_{p,д.}$  – количество рабочих дней в месяце, т.к. рабочая неделя состоит из 6 дней, то  $T_{p,д.} = 26$  дн.;

$Z_б$  – базовая заработная плата сотрудника (25 000 руб. для доцента, 17 000 руб. для инженера-ассистента);

$k_p = 1,3$  – районный коэффициент для Томска.

Таблица 7 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$T_{pi}$ , чел.-дн.	$Z_{дн}$ руб.		$Z_{осн}$ руб.
		НР	И	
НР	13	1250	850	16250
И	71			60350
Сумма				76600

#### 2.4.4 Дополнительная заработная плата исполнительской темы.

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн},$$

где:

$k_{доп}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12-0,15).

#### 2.4.5 Отчисления во внебюджетные формы.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}),$$

где:

$k_{\text{внеб}}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.)

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Отчисления во внебюджетные фонды.

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
НР	16250	2438
И	60350	9052
Сумма	76600	11490
$k_{\text{внеб}}$	30%	
НР	5606	
И	20821	
Сумма	26427	

#### 2.4.6 Формирование бюджета затрат научно – исследовательского проекта.

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно – технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 9.

Таблица 9– Расчет бюджета затрат НТИ.

Наименование статьи	Сумма, руб.	Доля затрат, %	Примечание
1. Материальные затраты НТИ	322	0,045812	Пункт 2.4.1.
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	588029,5	83,66138	Пункт 2.4.2.
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	76600	10,8982	Пункт 2.4.3.



4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	11490	1,63473	Пункт 2.4.4.
5. Отчисления во внебюджетные фонды	26427	3,759878	Пункт 2.4.5.
6. Бюджет затрат НТИ	702868,5	100	Сумма ст. 1 - 5

Финансирование осуществляется за счет НИ ТПУ.

## **2. Определение социальной и финансовой эффективности исследования.**

Эффективность исследования характеристик прибора определяется за счет социальной, ресурсной и бюджетной сторон. Социальная значимость исследования и разработки набора образцов для визуального и измерительного контроля в том, что они могут быть использованы в обучении и аттестации специалистов в области неразрушающего контроля.

Образцы позволяют симитировать различные объекты контроля из перечня опасных производственных объектов. Финансовая выгода от использования прибора заключается в том, что при одинаковой цене получается другие образцы и другие моделируемые объекты контроля.

### Список публикаций студента:

1. Лобанова И. С. Кладов Д. Ю. Изготовление образцов из неметаллического материала для визуального контроля. Девятнадцатая международная конференция «Измерение, контроль, информатизация». В печати.